

氏名(本籍)	佐藤 構 二 (神奈川県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第 3650 号		
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	Measurement of the Top Quark Mass with the Collider Detector at Fermilab (CDF 実験でのトップクォークの質量測定)		
主査	筑波大学教授	理学博士	金 信 弘
副査	筑波大学教授	理学博士	滝 川 紘 治
副査	筑波大学教授	理学博士	金 谷 和 至
副査	筑波大学助教授	博士(理学)	受 川 史 彦

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、米国フェルミ国立加速器研究所の陽子反陽子衝突型加速器テバトロンを用いた重心系エネルギー 1.96TeV の陽子反陽子衝突実験 CDF(Collider Detector at Fermilab)において対生成されるトップクォークの質量の測定を行い、その結果を報告したものである。

トップクォークの生成は 1994 年に始めて CDF によってその証拠が報告され、1995 年に CDF と D0 の 2 グループによって生成の確認が報告された。これによって、素粒子標準模型で未発見の素粒子はヒッグス粒子のみとなった。ヒッグス粒子は質量の起源を与える粒子で、標準模型で最重要な役割を担う粒子である。トップクォークの質量、W ボソンの質量とこのヒッグス粒子の質量は輻射補正をとおして関係づけられているので、トップクォークの質量と W ボソンの質量を高精度で測定することによって、ヒッグス粒子の質量を間接的に決定することができる。したがって、トップクォークの質量を高精度で測定することは素粒子物理学の進展にとって非常に重要なことである。

これまでに、トップクォークの質量測定は CDF と D0 の 2 グループによって行われてきたが、W+4 ジェット事象に対して行われた測定が最も精度のよい測定であり、CDF 実験の積分ルミノシティ 110pb^{-1} のデータを解析した測定結果は $176.1 \pm 7.3\text{GeV}/c^2$ である。本論文では、2002 年 3 月から 2003 年 8 月の間に収集された積分ルミノシティ 193pb^{-1} の実験データを解析した測定結果を報告している。

重心系エネルギー 1.96TeV の陽子反陽子衝突で対生成されたトップクォークと反トップクォークは、それぞれ W ボソンとボトムクォークに崩壊し、2 個の W ボソンとボトムクォークと反ボトムクォークとなる。2 個の W ボソンのうち、一方がレプトニック崩壊して電子あるいはミュー粒子とニュートリノになり、他方がハドロニック崩壊してクォーク反クォーク対になった場合、レプトニック崩壊した W ボソンは同定され、他の 4 つのクォークはジェットとして観測される。このようにして (1) 式のように、トップクォーク対生成事象が W + 4 ジェット事象として検出される。

$$q\bar{q} \rightarrow t\bar{t} \rightarrow W^+ b W^- \bar{b} \rightarrow \ell^+ \nu b q \bar{q} \bar{b} \quad (1)$$

さらにバックグラウンド事象と区別するために、W+4 ジェット事象の中のボトムクォーク(反ボトム

クォーク) のジェットを B 中間子の寿命が長いために 2 次崩壊点が検出できることを利用して同定する。本研究では、標準的に用いられるボトムクォークのジェットを同定する SECVTX アルゴリズム以外に、衝突パラメーターを用いるボトムクォークジェット同定アルゴリズム (Jet Probability アルゴリズム) も使って二つのボトムクォークジェットを同定する確率を倍増した。このことによってトップクォークの質量測定 of 統計誤差・系統誤差を共に減少することに成功した。事象選別の結果、68 個の W+4 ジェット事象が得られ、そのうちボトムクォークが同定されなかった事象が 40 個、ボトムクォーク 1 個が同定された事象が 17 個、ボトムクォーク 2 個が同定された事象が 11 個であった。その中のバックグラウンド事象の混入数は、それぞれ 24.5 個、6.5 個、0.28 個であった。最終的に W+4 ジェット事象をトップクォークの対生成として再構成した結果、ボトムクォーク 2 個が同定された事象のみを用いると、トップクォークの質量測定結果は 180.9^{+64}_{-60} (統計誤差) ± 5.8 (系統誤差) GeV/c² となり、すべての W+4 ジェット事象を用いると、トップクォークの質量測定結果は $177.2^{+4.9}_{-4.7}$ (統計誤差) ± 6.6 (系統誤差) GeV/c² となった。

審査の結果の要旨

素粒子標準模型で唯一未発見のヒッグス粒子は質量の起源を与える粒子で、標準模型の最重要な役割を担う粒子である。トップクォークの質量、W ボソンの質量とこのヒッグス粒子の質量は輻射補正をとおして関係づけられているので、トップクォークの質量と W ボソンの質量を高精度で測定することによって、ヒッグス粒子の質量を間接的に決定することができる。したがって、トップクォークの質量を高精度で測定することは素粒子物理学の進展にとって非常に重要なことである。

これまでに、CDF が W+4 ジェット事象に対して行ったトップクォークの質量測定が最も精度のよい測定であり、その測定結果は 176.1 ± 7.3 GeV/c² であった。佐藤構二氏は 2002 年 3 月から 2003 年 8 月の間に新たに収集された実験データを新たなボトムクォークのジェットを同定するアルゴリズム (Jet Probability Algorithm) を導入して W+4 ジェット事象の解析を行った。その結果、トップクォークの質量として $177.2^{+4.9}_{-4.7}$ (統計誤差) ± 6.6 (系統誤差) GeV/c² という統計誤差の改善された測定結果を得た。この結果はヒッグス粒子に対する予言を改良するのに役立ち、それによって素粒子物理学の発展に大いに貢献するものである。

よって、著者は博士 (理学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。